Niveau(x) d'enseignement: 0 Numéro EDUQ : 6870055
Centre d'intérêt: 529

Giordan, André.

Apprentissage allostérique et environnement didactique / par André Giordan. -- Montréal : Université du Québec à Montréal, Centre interdisciplinaire de recherches sur l'apprentissage et le développement en éducation, 1988.
20 f. : ill. ; 22 cm. -- (Séminaire sur la représentation ; 33)

"Ce séminaire est publié grâce à une subvention du fonds FCAR".
Bibliogr. : f. 17.

Vedette(s)-secondaire(s): Université du Québec à Montréal. Centre interdisciplinaire de recherches sur l'apprentissage et le développement en éducation

Descripteur(s): Méthode d'apprentissage * Théorie de l'apprentissage * Didactique

Identificateur(s) de sujet: Apprentissage allostérique

Dans ce texte, l'auteur développe deux des principaux aspects d'un nouveau modèle d'apprentissage: l'approche allostérique. Il reprend, d'une part, la question de l'apprentissage en insistant sur l'importance des activités de mises en réseaux multiples que l'apprenant doit opérer entre les informations nouvelles à traiter et les connaissances préalables dont il dispose. L'approche allostérique met l'accent sur l'importance des appréciations que l'apprenant se fait des situations, des idées qu'il élabore à leur propos, des questions qui fondent la compréhension, des représentations du savoir à établir ou à remodeler. D'autre part, l'auteur envisage parallèlement en quoi la connaissance des conceptions permet de mieux adapter les pratiques de diffusion du savoir. Le modèle d'apprentissage allostérique apparaît également pertinent sur ce point; il lie la prise en compte des conceptions avec la mise en place d'environnements didactiques. Des procédés didactiques doivent être inférés par l'enseignant pour motiver l'apprenant, l'aider à rattacher ce qu'il connaît à ce qui fait l'objet de l'enseignement, à réinvestir le savoir pour le délimiter et l'adapter.

Type de document: r

CENTRE INTERDISCIPLINAIRE DE RECHERCHES SUR
L'APPRENTISSAGE ET LE DEVELOPPEMENT EN EDUCATION

Université du Québec à Montréal

EDUO
8970055

Apprentissage allostérique et environnement didactique

par André Giordan
Laboratoire de Didactique et
Épistémologie des Sciences
Université de Genève

Séminaire sur la représentation
16 septembre 1988 - no 33

Note: Ce séminaire est publié grâce à une subvention du fonds FCAR

Depuis les années 1970, un ensemble de recherches se centrent sur les conceptions des apprenants et leurs rôles dans l'élaboration des concepts en sciences. Initiés dans les milieux francophones (Giordan, 1978; Tiberghien et coll., 1978), ces travaux prennent une place importante dans les milieux latinophones (italien, espagnol) et depuis les années 80 dans les pays anglo-saxons. Plusieurs colloques ont porté sur le sujet (Chamonix 1980, 1983; Ludwigsburg, 1981, 1984; Genève, 1982; La Londe, 1983; Cornell, 1983, 1987).

Aujourd'hui, la seconde édition de la bibliographie réalisée par l'IPN de Kiel (1988) propose environ 1500 références consacrées au sujet, la micro-banque de données Biodic (1988) limitée aux études sur les conceptions en Biologie recense 420 références. Un certain nombre de synthèses sont produites pour faire le point, soit sur un plan général (Giordan et De Vecchi, 1987), soit sur le plan d'une discipline (en physique, Tiberghien 1984; en biologie, Giordan et Martinand, 1988), soit de façon encore plus précise sur un contenu particulier. Un collège dit "invisible" s'est créé pour regrouper les chercheurs travaillant dans le domaine (1985).

Le développement considérable de ces études - elles se développent parallèlement en mathématiques, géographie, sciences économiques, langues étrangères - concerne aussi bien les enseignants, les divers médiateurs, les formateurs, les psychologues ou les épistémologues. Cet essor tient au fait que ces travaux reformulent un certain nombre d'idées établies sur la communication, le traitement des données, la compréhension, qu'ils donnent actuellement des éléments susceptibles d'alimenter la réflexion sur la médiation, l'enseignement ou l'apprentissage.

Dans ce texte, nous développerons deux des principaux aspects en jeu. D'une part, nous reprendrons de manière originale la question de l'apprentissage. Aujourd'hui, il ne s'agit plus de décrire ce processus, ni en termes de stimulus et de réponses-réflexes (se situant au niveau des automatismes), ni même en termes d'assimilation-accommodation. Ce dernier aspect apparaît bien trop général et superficiel. Nous insisterons plutôt sur l'importance des activités de mises en réseaux multiples que l'apprenant doit opérer entre les informations nouvelles à traiter et les connaissances préalables dont il dispose.

L'**approche allostérique** - du nom du modèle envisagé par ailleurs (Giordan et De Vecchi, 1987) sur lequel nous reviendrons - ébauche un cadre théorique opératoire pour un nombre de plus en plus grand de chercheurs. Bien qu'il soit encore trop tôt pour en percevoir toute la portée, son intérêt immédiat provient du fait qu'il fédère un ensemble de paramètres jusqu'alors disjoints et qui apparaissent en fait synergiques dans l'acte d'apprendre. Parmi ces derniers, il met l'accent sur l'importance des appréciations que l'apprenant se fait des situations, des "idées" qu'il élabore à leur propos, des questions qui fondent la compréhension, des interrelations à réaliser entre les informations externes, le cadre de références, le réseau sémantique, les systèmes opératoire et symbolique, des réorganisations à envisager dans la structure de pensée mobilisée pour produire une signification nouvelle et spécifique, des représentations (d'ordre deux) du savoir à établir ou à remodeler.

D'autre part, nous envisagerons parallèlement en quoi la connaissance des conceptions permet de mieux adapter les pratiques de diffusion de savoir. Aujourd'hui, il s'agit de sortir de la relation transmissive, linéaire et univoque: savoir-médiateur-élève, il s'agit de dépasser l'hypothèse illusoire que la simple connaissance des conceptions permet d'inférer des pratiques pédagogiques adéquates.

Le modèle d'apprentissage allostérique apparaît également pertinent sur ce plan, il lie la prise en compte des conceptions avec la mise en place d'environnements didactiques plus efficaces dans ses composantes: situations,

interventions, aides et "architecture" didactiques. Car s'il apparaît nettement que c'est l'apprenant qui doit élaborer et intégrer le savoir, il ne peut le faire spontanément. Même, le phénomène de maturation peut être favorisé, sinon transformé par le contexte dans lequel l'élève est plongé. Des procédés didactiques peuvent être ainsi inférés par l'enseignant ou le médiateur pour motiver l'apprenant, l' "aider" à rattacher ce qu'il connaît à ce qui fait l'objet de l'enseignement (ou de la médiation), à établir et à faire fonctionner des modèles (scientifiques) sur des données nouvelles, à réinvestir le savoir pour le délimiter ou l'adapter.

Si l'on veut que l'apprenant ait la possibilité de réorganiser son cadre conceptuel pour le rendre plus performant, il s'agit de préciser par le détail, les procédés susceptibles de lui en donner les moyens ou d'en faciliter la mise en œuvre. Cela implique des recherches spécifiques à promouvoir, même si elles apparaissent pas toujours "belles", du moins dans le cadre des canons établis classiquement par les Sciences Humaines !

1. Processus d'apprentissage

Les premières théories dites "modernes" de l'apprentissage se sont intéressées aux apprentissages de type "mécaniques", où il s'agit d'accumuler une suite d'informations. C'est le cas de l'apprentissage skinnérien du type stimulus-réponse, encore appelé "apprentissage programmé" (Holland et Skinner, 1961; Skinner, 1968). Les points centraux de la théorie sont les idées de conditionnement et de renforcement. Ce renforcement consiste pour l'élève dans le fait de savoir qu'il a donné la bonne réponse, lorsque c'est le cas. Mais pour que celui-ci puisse être efficace, il faut que ce dernier porte sur une petite quantité d'informations. La théorie "behavioriste" conduit alors à décomposer la matière à enseigner en unités élémentaires de connaissance, chacun faisant l'objet d'un exercice particulier. On voit dès lors rapidement les limites de ce modèle, les apprentissages complexes ne peuvent se borner à une addition de comportements moteurs ou verbaux.

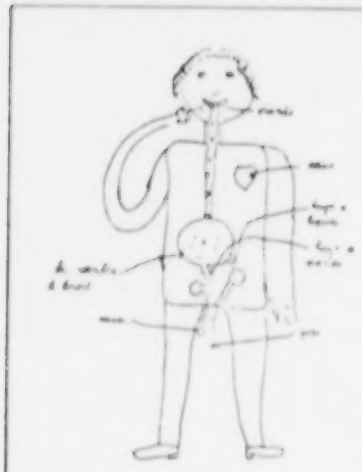
Gagné (1965) est un des premiers psychologues "contemporains" à se pencher sur l'importance des connaissances antérieures dans l'activité d'organisation de l'élève[1]. Il distingue d'une part des concepts "concrets" dont l'apprentissage est basé sur des propriétés observables (identification d'une classe au moyen de ses exemples) et d'autre part les concepts "définis" pouvant être appris au moyen d'une définition (c'est le cas des concepts relationnels). Pour lui, l'apprentissage scolaire se fait à travers le langage et les concepts concrets, ceux-ci sont progressivement remplacés par des concepts définis. Ainsi le concept concret "rond" est transformé en concept défini "cercle" (ou courbe dont tous les points sont à égale distance d'un point fixe appelé centre). L'apprentissage de concepts définis conduit l'élève à exprimer la connaissance acquise par une démonstration ou une utilisation de cette définition.

Malheureusement, la compréhension et la mémorisation d'un savoir scientifique ne peuvent se réduire au simple décodage des éléments verbaux qui les expriment (décodage linguistique et sémantique), encore moins à une acquisition de données isolées. Par-delà l'apprentissage de chaque élément, il faut faire intervenir l'apprentissage de l'ensemble et cela en réponse à un questionnement spécifique (Vézin, 1986).

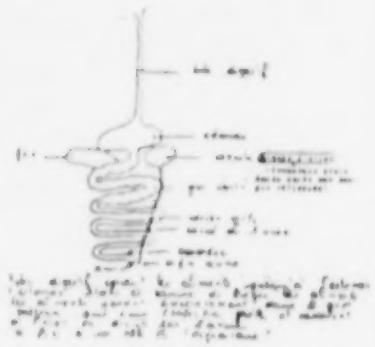
---

1 En vérité, contrairement à ce qu'écrivent les psychologues actuels, cette préoccupation est développée depuis la fin de XIXe siècle et on la rencontre chez de nombreux pédagogues des siècles antérieurs.

Persistance d'une conception inadéquate sur la nutrition à travers la scolarité
Gérard De Vecchi et André Giordan (1989)



Christophe 10 ans
Appareil digestif jamais étudié



Enseignement reçu en Sciences naturelles
Appareil digestif étudié au moins deux fois dans sa scolarité

Ces deux productions sont d'apparence très différente. Pourtant elles sont construites à partir de la même représentation fausse (en relation avec la fabrication de l'urine). En effet, la filtration du sang par les reins (organes n'appartenant pas au tube digestif) est une idée difficile à "faire passer". On pense plutôt à un tri des aliments, ceux qui sont solides allant dans l'intestin et les liquides passant dans la vessie.

Quand on compare ces deux dessins, on trouve le second beaucoup plus élaboré, il comporte en particulier beaucoup plus d'organes. Mais ceux-ci n'apportent rien de plus à la compréhension du phénomène, bien au contraire. Le foie ne débouche pas dans le tube digestif, la "vésicule" est en relation avec l'estomac et joue le rôle de la vessie; enfin le gros intestin est placé avant l'intestin grêle (*"les aliments sont d'abord en morceaux puis se réduisent peu à peu"*).

Ainsi l'acquisition des concepts scientifiques conduit à prendre en considération des modèles d'apprentissage qui mettent l'accent sur les mises en relation entre éléments de savoirs. Une attention particulière peut être accordée à ce propos aux travaux d'Ausubel (1968), repris sur le plan de l'enseignement des sciences par Novak (1976). Pour ces auteurs, l'apprentissage de connaissances suppose une intégration dans une structure cognitive déjà existante qui facilite la mémorisation et constitue un point d'ancrage pour les nouvelles données à acquérir. L'intégration est facilitée par l'existence de "ponts cognitifs" (Novak, 1976) qui rendent l'information signifiante par rapport à la structure globale préexistante.

Pour Ausubel et Novak, les nouvelles connaissances ne peuvent être apprises que si premièrement des concepts plus généraux sont disponibles et se différencient progressivement au cours de l'apprentissage. Deuxièmement, une "consolidation" doit être mise en place pour faciliter la maîtrise des leçons en cours: les informations nouvelles ne peuvent être présentées tant que les informations précédentes ne sont pas maîtrisées. Si cette condition n'est pas remplie, l'apprentissage de toutes les connaissances risque d'être compromis. Enfin, la troisième condition concerne "la conciliation intégrative", elle consiste à repérer les ressemblances et les différences entre les anciennes connaissances et les nouvelles, à les discriminer, éventuellement à résoudre les contradictions: de là elle doit conduire obligatoirement à des remodelages.

L'importance de ces remodelages est également soulignée par la théorie de Piaget. Elle repose sur les idées "d'assimilation et d'accommodation" et plus particulièrement sur la liaison étroite qui existe entre l'assimilation et l'accommodation qui conduit à une "abstraction réfléchissante". L'élève fait entrer dans sa propre organisation cognitive, les données du monde extérieur. Les informations nouvelles sont traitées en fonction des acquis constitués antérieurs, en retour, "y a accommodation, c'est-à-dire transformation des schèmes de pensée en place en fonction des circonstances nouvelles.

Dans l'apprentissage des concepts scientifiques, il s'agit de rattacher la nouvelle information à ce qui est déjà connu, de la greffer sur des notions en prenant en considération les "schèmes" dont dispose le sujet. Très souvent, ces derniers sont transformés, réorganisés par les nouvelles données, ce qui conduit l'élève à une modification de ses connaissances antérieures ("abstraction réfléchissante")[2].

Cette dernière théorie a fourni pendant plus de 30 ans un cadre général à l'innovation pédagogique, elle a éclairé les pédagogies dites "actives" ou de "découvertes" issues des écoles Decroly, Montessori, Freinet), elle a même constitué le cadre de départ pour la Didactique naissante. Aujourd'hui, à la lumière des divers travaux de didactique, elle apparaît frustrante pour un ensemble de raisons.

Premièrement, nous constatons dans le cas des apprentissages conceptuels que tout ne dépend pas des structures cognitives au sens de Piaget. Des individus qui dans des domaines ont atteint des niveaux très développés d'abstraction raisonnent devant des contenus nouveaux de façon comparable à de jeunes enfants. Ce qui est en cause dans ces apprentissages, ce n'est pas seulement une capacité à raisonner, c'est la structure même de la conception en place dans la tête de l'apprenant. Cette dernière oriente la façon de penser (questions en jeu, intérêts pour les informations reçues, tri et organisation, etc...). Autant de points sur lesquels la théorie piagétienne ne nous renseigne pas.

Deuxièmement, l'élaboration des concepts ne peut se réduire à un apprentissage de données isolées. Ce domaine d'apprentissage est caractérisé par une multiplicité des relations, une pluralité d'organisations. Les processus élémentaires ne peuvent donc rendre compte de tous ces aspects, le problème de l'intégration des différentes données dans un ensemble conceptuel reste entier et cela d'autant plus que la théorie ne nous dit rien sur la structuration du savoir de l'apprenant, sur les interrelations qui existent entre les concepts en fonction de la "pratique de référence" (Martinand 1986) que constitue le savoir scientifique.

Troisièmement, les schèmes de pensée de l'élève ne sont pas uniquement opératoires, les conceptions recouvrent un ensemble en interactions multiples constitués par des questions, des invariants opératoires, des cadres sémantiques et de références et des signifiants qui constituent la grille de lecture interprétative

---

2 Ces idées se trouvent en vérité déjà partiellement énoncées, chez Claparède, Cramaussel et plusieurs autres psychologues de la fin du XIXe siècle

(Giordan et De Vecchi, 1987) et lorsque les informations nouvelles sont intégrées par le système de pensée de l'apprenant, celui-ci s'enrichit, mais le plus souvent se transforme et transforme le problème.

Quatrièmement, cette "abstraction" n'est pas simplement "réfléchissante" mais elle est aussi "déformante" ou "mutante". Un nouvel élément ne s'inscrit pas directement dans la ligne des connaissances antérieures; celles-ci représentent le plus souvent un obstacle à son intégration. Il faut donc une déformation intellectuelle qui débouche, le plus souvent, sur une mutation radicale du réseau conceptuel.

Cinquièmement, il faut également que l'apprenant concilie l'ensemble des paramètres précédents pour constituer - dans le cas où il peut être réutilisé - un nouveau savoir. Il doit repérer en particulier les ressemblances et les différences entre les anciennes connaissances et les nouvelles et résoudre le plus souvent les contradictions. On peut noter que généralement les concepts qui font l'objet de l'apprentissage ne sont pas compris tout de suite par l'élève qui a besoin d'informations complémentaires, d'un autre système de relation ou tout simplement d'en apprécier l'intérêt. Or, il ne peut effectuer ces activités nécessaires que s'il a préalablement réalisé qu'en fait il n'a pas compris l'information transmise ou que son système de pensée n'est pas adéquat. Et en général, on comprend la structure d'ensemble quand on doit la décortiquer pour la faire fonctionner ou pour l'enseigner !

A cela, il faut ajouter, élément décisif en matière pédagogique que Piaget ne dit rien - ce que reconnaissent très clairement ses successeurs (Vinh Bang, 1988) - sur la nature favorisante des activités de l'apprenant, les situations scolaires (ou médiatiques) ou sur les interventions facilitantes de l'enseignant (encore moins du médiateur).

A ces spécialistes de l'apprentissage (il faudrait citer pour être plus complet Wallon, Vygotsky, Bruner, Le Ny), il est nécessaire d'ajouter Bachelard (1936, 1940, 1949) qu'on ne classe pas habituellement dans cette catégorie. Pourtant ses travaux d'épistémologie des sciences ont été utiles sur ce plan. Pour lui, les élèves sont loin d'être ignorants avant une séquence d'enseignement, ils possèdent déjà sur l'objet enseigné un certain nombre d'informations plus ou moins organisées.

En fait, Bachelard présuppose qu'avant la connaissance scientifique, la tête de l'élève n'est pas "vide", elle possède déjà une certaine structuration initiale de l'expérience, et pour lui, les idées des élèves sont au point de départ des procédures d'élaboration des concepts, car si ces savoirs préalables sont ignorés, ils ne sont pas évacués mais seulement refoulés. Dès lors la construction des connaissances nouvelles s'élabore "contre" une connaissance antérieure, un "déjà-là" (Rumelhard, 1986) produit d'une expérience empirique ou d'une attitude moins critique.

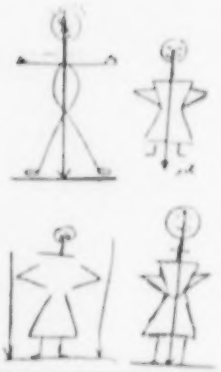
Si cette théorie peut fournir quelques propositions fécondes pour des apprentissages immédiats ou pour attirer l'attention des médiateurs sur l'importance des savoirs préalables, son application aux apprentissages complexes est rapidement limité. En effet, premièrement une conception ne fonctionne jamais isolément et il n'est pas évident de réfuter directement un savoir établi, celui-ci en liaison étroite avec une structure cohérente plus vaste (la pensée globale de l'apprenant) qui porte en elle sa logique et ses systèmes de signification propres résistent même à des argumentations très élaborées. En fait, la représentation initiale de l'élève demande à être abordée en tenant compte de l'organisation de ses éléments constitutifs et de son contexte de fonctionnement.

Deuxièmement, ces pratiques privilégient fréquemment le rôle des conceptions "initiales", qui sont traitées comme un objet, une fin en soi, au lieu d'être considérées comme l'expression d'un type de connaissance empirique ou intuitive faisant obstacle à la construction d'un autre type de connaissance: le savoir

scientifique. Troisièmement, il ne suffit pas que l'apprenant prenne conscience que sa représentation est erronée ou limitée pour accéder spontanément à un nouveau concept, à un modèle plus opératoire. L'apprentissage du moindre savoir scientifique nécessite de procéder à de nouvelles séries de mises en relation, de structurations, et le plus souvent à reformuler le problème (Giordan, 1988b), etc.

Enfin, il n'est pas toujours nécessaire de réfuter ce savoir préalable, pour de multiples raisons il peut servir de point d'appui, peut-être un "passage obligé" ou peut être fonctionnel parallèlement au savoir scientifique, et cela en fonction du type de question.

Exemple de plaquage de savoir dû à la scolarité habituelle
Marie Louise Zimmermann et Dominique Noël, Document LDES



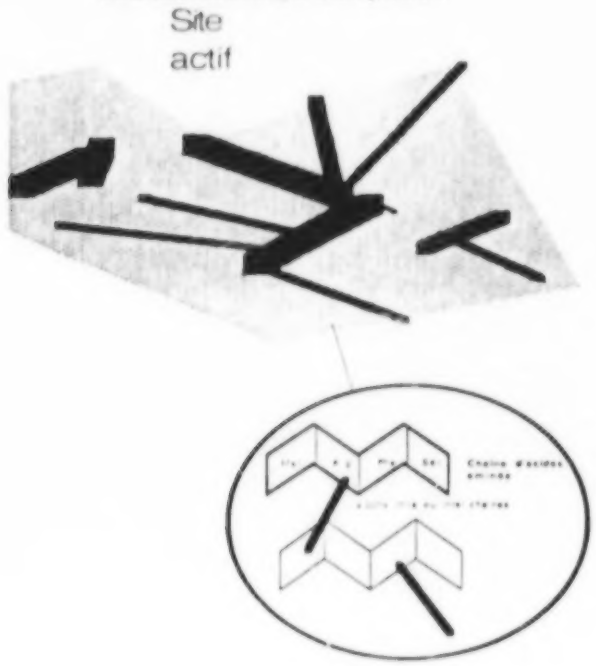
Ces élèves de 16 ans ont appris qu'il faut représenter la "force pesante" ou le "poids" par une "flèche" indiquant direction, sens et grandeur. Ce qu'ils ont compris (intuitivement), c'est que cette force, représentée par un "vecteur", agit verticalement par rapport au corps. Toutefois, ils ne prennent pas en compte l'ensemble des éléments significatifs: le point d'application de cette force peut être multiple et pas obligatoirement en relation avec le centre de gravité, notion qui n'est pas comprise, donc difficilement utilisable. Mais surtout, les différents dessins montrent que cette force doit arriver obligatoirement "sur le sol"; cet aspect est particulièrement intéressant, car il signifie que l'idée newtonienne d'attraction à distance est loin d'être assimilée.

Cet élève a mémorisé, avec succès, une série de termes: trachée-artère, bronches, bronchioles, sac à air, vaisseaux capillaires. Il a également "appris" le schéma de la "grande circulation". Malheureusement, quand on l'interroge, on voit bien que l'aspect fonctionnel n'a pas été compris: la respiration reste "l'affaire des poumons"; elle se matérialise uniquement par une ventilation d'air. L'élève représente une relation entre les poumons et le cœur, dans un seul sens d'ailleurs, tout en ne sachant pas trop à quoi elle peut servir. De plus, son dessin reprend, dans ce qu'il a "appris", la représentation schématisée du réseau de capillaires, mais celle-ci est interprétée comme une structure réelle et fait donc arriver en ce lieu tous les vaisseaux sanguins de l'ensemble du corps.

2. Élaboration du savoir

L'acquisition en profondeur de savoirs complexes nécessite de produire de nouveaux modèles d'apprentissage opératoires. Bien que mes propos ci-dessus restent schématiques pour des raisons d'espace, il apparaît nettement nécessaire de dépasser les théories psychologiques ou épistémologiques ci-dessus. On peut dire aujourd'hui que l'acquisition de connaissances de type conceptuel[3] se situe tout à la fois dans le prolongement des acquis antérieurs qui fournissent le cadre de questionnement, de références et d'interprétation, et par rupture à ceux-ci - ou du moins par détour - car dès qu'il y a compréhension d'un processus ou d'un phénomène, dès qu'il y a maîtrise d'un modèle nouveau, l'ensemble de la structure mentale de l'individu est réorganisé, son approche de la réalité est totalement autre.

Structure schématique d'une protéine



Les traits gras schématisent les liaisons intra ou inter-chaînes qui déterminent la structure interne de la macromolécule. Le cercle figure un agrandissement de deux chaînes.

[3] Ce type de connaissance est à distinguer des acquisitions informationnelles où le processus peut-être accumulatif, ou de type limitatif ou relationnel.

On connaît à la fois "grâce à" (Gagné), "à partir de" (Ausubel), "avec" (Piaget) nos savoirs antérieurs et, en même temps, on apprend "contre" (Bachelard) ces derniers. C'est ce processus conflictuel que nous nous proposons d'approfondir en situant l'élaboration du savoir scientifique dans le cadre d'un modèle d'appropriation approchée que nous appelons "modèle allostérique", par analogie aux structures ternaire et quaternaire des protéines et aux conséquences qu'il en résulte en ce qui concerne leur fonctionnement.

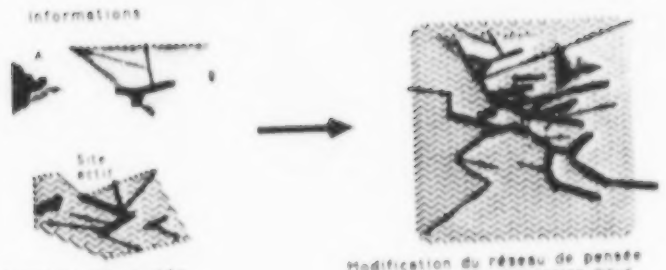
En fait, il est utile pour comprendre le fonctionnement de la pensée et par là l'apprentissage de la comparer à la structure et au fonctionnement d'une protéine enzymatique. De même que le savoir est constitué à partir d'informations, les protéines sont constituées de chaines d'acides aminés mis bout à bout. Mais dans les deux cas, ce qui est signifiant ce ne sont pas directement la succession des éléments dans les chaines, ce sont les diverses liaisons établies entre les parties de chaines ou entre les chaines elles-mêmes. Ce sont ces dernières qui sont constitutives, elles créent la structure de la macro-molécule, sa physionomie interne et externe, et notamment déterminent ses sites actifs.

Dans la pensée de l'apprenant, c'est le réseau de relations mobilisé entre les informations enregistrées qui est pertinent, et non l'ordre d'enregistrement de celles-ci. Il constitue la trame de son système de pensée, la grille de questionnement et d'analyse que l'élève mobilise pour comprendre et interpréter les informations glanées.

Ces dernières ne sont à leur tour "stockées" que si elles sont interconnectées par des relations signifiantes au cadre de pensée de l'apprenant. On peut alors à ce niveau définir des sortes de "sites actifs conceptuels" par où les informations nouvelles peuvent se fédérer. C'est la base du processus d'acquisition de données habituel, celui qui fonctionne généralement quand on lit son journal ou qu'on regarde un débat à la télévision.

Informations
A
Site actif
Structure de pensée initiale de l'apprenant
Introduction de l'information A dans le système de pensée de l'apprenant

Sur certain contenu, les informations nouvelles ne peuvent s'intégrer directement sur la structure conceptuelle en place, au mieux elles se plaquent, le plus souvent elles sont éludées. Une déformation de la structure de pensée de l'apprenant est indispensable. C'est dans ce dernier cas qui concerne les apprentissages en profondeur que le modèle allostérique prend toute sa signification. Car tout comme la structure de la protéine peut se modifier totalement par l'introduction d'un acide aminé nouveau, d'un oligo-élément (transformation allostérique), la structure conceptuelle de l'apprenant peut également se modifier radicalement dès lors que certains éléments nouveaux sont introduits et intégrés dans l'ensemble.



Structure de pensée initiale de l'apprenant

Modification du réseau de pensée de l'apprenant nécessaire pour intégrer les informations A et B

A ce moment-là, une nouvelle organisation du savoir est en place, elle peut devenir fonctionnelle et s'enrichir si elle est mobilisée, comme on vient de le voir plus haut.

Une telle perspective conduit à mettre l'accent sur l'importance des schémas de structuration qui valorisent l'existence de relations entre concepts, elle pose le problème de l'intégration des différents concepts dans un ensemble. A l'intérieur de celui-ci, certains concepts ont un rôle de carrefour, d'organisateur tandis que d'autres paraissent plus secondaires.

De même que la protéine établit des relations fonctionnelles privilégiées avec des oligo-éléments ou des phospholipides en des points très précis de sa structure, l'élève apprend en reliant les informations extérieures, non pas linéairement, les unes par rapport aux autres comme le prétendent les pédagogies expositives ou transmissives, mais en mettant en relation ces informations avec des sites spécifiques de son réseau conceptuel.

Ces sites caractéristiques qui permettent le décodage de cette information et sa mise en relation sont rendus "actifs" par la situation d'apprentissage. Ce sont également ces derniers qui sont activés et transformés prioritairement pour permettre l'intégration de ces nouvelles données. Celles-ci entraînent en retour l'élaboration d'un nouveau niveau de formulation du savoir. Car dans le cas des apprentissages fondamentaux, la donnée nouvelle ne s'inscrit pas dans la ligne des connaissances antérieures; celles-ci représentent le plus souvent un obstacle à son intégration.

Dans ce cas également, le modèle allostérique propose des éléments de compréhension: on observe en effet des modifications totales de l'organisation de certaines protéines sous l'influence d'un élément supplémentaire. La suite des acides animés reste identique, mais de nouvelles liaisons inter-chaines sont mises en place provoquant dans le cas des enzymes une modification importante de la structure et par là des propriétés intrinsèques.

Dans le cas d'apprentissage conceptuel, il faut donc envisager une déformation intellectuelle des sites actifs de la structure de pensée de l'apprenant, et tout comme pour les protéines cette déformation ponctuelle peut déboucher sur une transformation radicale du réseau conceptuel. Les mêmes informations restent en place mais elles ne sont pas "lues" de la même façon, les concepts sont à ce moment-là reliés par d'autres relations qui leur donnent une autre signification. Leur importance relative devient différente, une autre structuration de la pensée devient fonctionnelle.

3. Auto-transformation du réseau conceptuel

Le problème essentiel à ce niveau consiste à s'interroger non pas sur la recherche de l'enchaînement sous lequel les connaissances doivent être intégrées car il n'existe pas une structure opérationnelle absolue en la matière. La question primordiale est celle des conditions que l'apprenant doit mettre en œuvre pour provoquer l'auto-transformation de son réseau conceptuel. Son corollaire didactique car il n'y a pas de spontanéisme en la matière est celui de l'Environnement didactique adéquat pour favoriser celui-ci. Sur ces deux plans également, le modèle allostérique d'apprentissage permet d'inférer un ensemble de processus et de contraintes.

En ce qui concerne les processus d'appropriation des savoirs, nous pouvons désormais mettre 4 ensembles de paramètres pertinents.

1. Tout apprentissage est la résultante d'une activité d'élaboration d'un apprenant qui met en place des stratégies pour parvenir à relier les informations glanées au fil des activités et à produire des significations nouvelles à partir des conceptions mobilisées. Ces conceptions constituent les "structures d'accueil" qui permettent de fédérer de nouvelles informations, de leur donner un sens en fonction des questions en jeu.

Elles servent de points d'ancrage pour permettre à l'apprenant de s'approprier les savoirs: l'apprenant va élaborer son savoir dans une interaction entre ses conceptions et les informations qu'il peut se procurer et interpréter à travers elles.

Tout cela n'est pas immédiat, on observe très souvent que les savoirs qui font l'objet de l'apprentissage ne sont pas "compris" tout de suite par l'apprenant pour toutes sortes de raisons. En premier lieu, il peut lui manquer une information nécessaire. Dans d'autres cas, l'information nécessaire lui est accessible, mais l'apprenant n'est pas motivé par rapport à cette dernière ou la question qui le préoccupe est autre. Troisièmement, l'apprenant est incapable d'y accéder pour des questions de méthodologie, d'opération, de référentiel, etc... Le plus souvent, il lui manque l'information nécessaire à la gestion effective de la compréhension.

2. Dans le cas des apprentissages fondamentaux, le savoir à acquérir ne s'inscrit jamais automatiquement dans la ligne des connaissances antérieures; celles-ci représentent le plus souvent un obstacle à son intégration. Il faut donc une transformation radicale du réseau conceptuel. Cela implique un certain nombre de conditions supplémentaires.

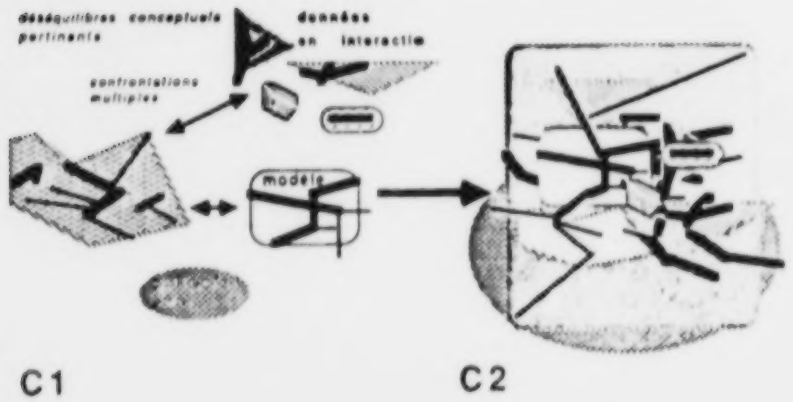
Premièrement, l'apprenant devra dépasser l'édifice constitué par les savoirs familiers, or cela n'a rien d'évident car les conceptions qu'il produit correspondent aux seuls instruments à sa disposition; c'est à travers eux qu'il décode la réalité. Il lui faut donc constamment remettre en cause ces dernières car celles-ci conduisent inévitablement à l'évidence et constituent ainsi un "filtre" de la réalité. L'apprenant devra donc aller contre sa conception initiale mais il ne le pourra qu'en faisant "avec", et cela jusqu'à ce qu'elle "craque" en ayant exploité toutes ses possibilités d'utilisation.

Deuxièmement, la conception initiale ne se transforme que si l'apprenant se trouve confronté à un ensemble d'éléments convergents et redondants qui rendent cette dernière remplie de contradictions et difficile à gérer.

Troisièmement, l'apprenant ne peut élaborer un nouveau réseau conceptuel qu'en reliant différemment les informations engrangées, notamment en s'appuyant sur les modèles organisateurs qui permettent de structurer les savoirs autrement pour répondre de façon plus pertinente aux questions en jeu.

Quatrièmement, les concepts en cours d'élaboration demandent d'être, pour devenir opérationnel, différenciés progressivement et délimités dans leur champ d'application au cours de l'apprentissage puis consolidés par une mobilisation du savoir dans des situations autres où ils peuvent être appliqués.

Conditions principales de transformation de la structure de pensée de l'apprenant



3. L'apprentissage des concepts suppose que l'élève exerce un contrôle délibéré sur son activité d'étude et sur les processus qui régissent cette activité, et cela à différents niveaux.

D'abord, l'apprenant doit réorganiser l'information qui lui est présentée ou qu'il se procure en fonction des appréciations qu'il se fait des situations, des significations qu'il élabore à leur propos, des représentations du savoir qu'il établit.

Ensuite, l'apprenant doit concilier l'ensemble des paramètres précédents pour constituer - dans le cas où il peut être réutilisé - un nouveau savoir.

Enfin, il doit repérer les ressemblances et les différences entre les anciennes connaissances et les nouvelles et résoudre le plus souvent les contradictions.

Si ces conditions ne sont pas remplies, l'apprentissage de l'ensemble risque d'être compromis.

On peut noter encore que les concepts qui font l'objet de l'apprentissage ne sont pas compris tout de suite par l'élève qui a besoin d'informations complémentaires ou d'un autre système de relation. Or, il ne peut effectuer ces activités nécessaires que s'il a préalablement réalisé qu'en fait, il n'a pas compris l'information transmise ou que son système de pensée n'est pas adéquat. Et en général, on comprend la structure d'ensemble quand on doit la décortiquer pour la faire fonctionner ou pour l'enseigner.

Tout cecl se joue dans la durée: les apprentissages fondamentaux demandent du temps pour réaliser ces cheminements multiples.

4. Environnement didactique

Les recherches didactiques nous éclairent dans le même temps sur les raisons de l'échec tant d'un certain nombre de pratiques pédagogiques traditionnelles que de certaines innovations. L'acquisition de connaissances procède d'une **activité d'élaboration** d'un apprenant confrontant les informations nouvelles et ses connaissances antérieures et produisant de nouvelles significations plus aptes à répondre aux interrogations qu'il se pose.

L'activité propre de l'individu est ainsi replacée au coeur du processus de connaissance. C'est ce dernier qui trie, analyse et organise les données qui proviennent de l'environnement - dont l'école fait partie - afin d'élaborer sa propre réponse. Et ce processus n'est pas au hasard, il s'établit en fonction des structures de pensée en place (questions, cadre de référence, opérations maîtrisées) et des enjeux qu'il perçoit de la situation.

Entre l'apprenant et l'objet de la connaissance, un système complexe d'interrelations doit s'installer. Celui-ci n'est pas spontané, il dépend de la situation, de l'environnement dans lequel l'un et l'autre se situent, il doit être largement favorisé par tout ce que nous appelons un "environnement didactique", mis à la disposition de l'élève par l'enseignant ou le médiateur. Car la probabilité pour qu'un apprenant puisse "découvrir" seul l'ensemble des éléments pouvant transformer les questionnements, les formulations, les mises en relation multiples et les reformulations est pratiquement nulle dans un temps limité, s'il n'est pas mis dans des situations facilitantes adaptées (situations questionnantes, confrontations multiples), s'il ne trouve pas à sa disposition un certain nombre d'éléments significatifs (documentations, expérimentations, argumentations), s'il ne comprend pas un certain nombre de formalismes restreints (symbolisme, graphes, schémas ou modèles) pouvant être **intégrés dans sa démarche**.

On peut ajouter qu'un autre niveau de savoir ne se substitue à l'ancien que si l'apprenant y trouve un intérêt et apprend à le faire fonctionner. À ce niveau également, il doit donc pouvoir se trouver confronté à un certain nombre de situations adaptées, d'informations sélectionnées afin de lui permettre un réinvestissement rentable.

Il faut donc abandonner l'idée de pouvoir laisser les élèves élaborer les concepts uniquement à partir d'observations ou d'expériences de classe. Cela ne signifie pas qu'il soit nécessaire de retourner immanquablement à une démarche expositive traditionnelle; nous savons que "donner", "montrer" une notion n'est pas opératoire, à quelques exceptions près - celles où la structure de pensée est prête à accepter directement l'information nouvelle - qui confirment le modèle "allostérique ci-dessus.

Il s'agit aujourd'hui de réfléchir au "cocktail" d'éléments indispensables, que l'enseignant, le médiateur peut proposer à chaque apprenant **pour interférer avec son système de pensée** et lui permettre son dépassement.

Parmi ces derniers, un certain nombre d'entre eux peuvent être déjà répertoriés.

D'abord, il est nécessaire d'**induire une série de déséquilibres conceptuels pertinents**. Il s'agit de faire naître chez l'apprenant, une activité élaboratrice. Pour cela, il est utile de le motiver par rapport à la question à traiter (ou du moins de le faire entrer dans cette dernière). Il faut également qu'il possède un certain niveau d'attitude et de démarche scientifiques (Giordan, 1978). Il faut qu'il puisse expliciter sa pensée, la tester.

Un certain nombre de **confrontations authentiques** sont indispensables (confrontations élève-réalité, confrontations élève-élève, confrontations élève-

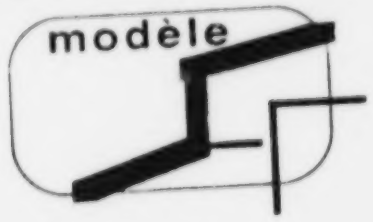
information, confrontations élève maître). Elles doivent convaincre l'apprenant que ses conceptions ne sont pas adéquates par rapport au problème traité. D'où la nécessité d'arguments divers et non pas un seul, présenté rapidement. Elles doivent l'amener à glaner un ensemble de données nouvelles pour enrichir son expérience par rapport à la question en jeu. Elles doivent l'entraîner à prendre du recul par rapport à ses évidences, le plus souvent à reformuler le problème ou/et à envisager d'autres relations.

Deuxièmement, il est important que l'apprenant **ait accès à un certain formalisme**, en tant qu'aide à la réflexion. Ce formalisme qui peut prendre des formes très diverses (symbolisme, schématisation, modélisation) doit être facilement manipulable pour lui permettre d'organiser les nouvelles données ou lui servir de point d'ancrage pour produire la nouvelle structuration du savoir.

Les principales difficultés rencontrées à ce niveau par l'élève consiste souvent soit à ne pas savoir comment relier le connu au nouveau, soit à ne pas parvenir à actualiser les informations connues, soit à ne pas trouver un dénominateur à un ensemble de phénomènes communs. Ce qu'il a appris antérieurement ne lui est pas accessible, il est important en fait d'utiliser des procédures qui aident l'élève à relier les nouvelles données à ce qu'il sait déjà et à produire de nouvelles significations. Ce qu'il perçoit reste isolé car trop pénétré par des adhérences liées à la situation d'origine. Ce qu'il conçoit demeure dans un cadre organisateur ancien.

Sur tous ces plans, l'introduction de modèles nouveaux peut permettre une nouvelle vision de la réalité, elle peut servir de "noyau dur" pour fédérer les informations et produire un nouveau savoir. Sur le plan didactique, un certain nombre d'investigations sont en cours, un certain nombre de procédures différentes apparaissent utilisables avec succès suivant les moments.

Structure d'une ébauche de modèle didactique

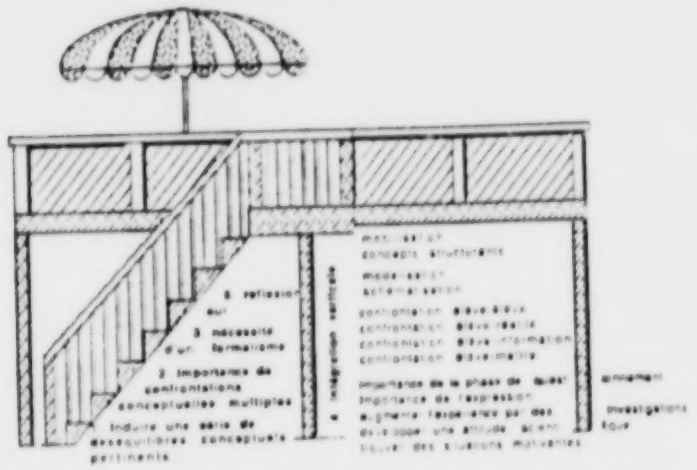


En tant que première étape, il se révèle que sur un contenu donné, il est plus économique que le médiateur fournisse une ébauche de modèle. Il doit toutefois s'entourer d'un certain nombre de précautions. Il est utile que ce pré-modèle soit lisible, compréhensible, adapté à la perception du problème que s'en fait l'élève. Au préalable, il est utile que celui-ci ait eu l'occasion de se familiariser avec leur manipulation, c'est-à-dire qu'il ait eu l'occasion d'en produire et d'en faire fonctionner ...

La connaissance des activités d'élaborations requises pour effectuer un apprentissage conceptuel peut permettre à l'enseignant, au médiateur de pouvoir pallier à une difficulté de l'apprenant en l'orientant vers la mise en oeuvre de l'activité qui fait défaut et en l'aidant au moyen de procédés didactiques adéquats, susceptibles de faciliter l'actualisation des conceptions, ou des activités concernées.

Toutefois, cet ensemble de paramètres nécessaire reste insuffisant pour une acquisition durable si d'autres conditions ne sont pas mises en place conjointement

Paramètres intégrateurs propres à faciliter un apprentissage allostérique


3 réflexion sur
3 nécessité d'un formalisme
2 importance de confrontations conceptuelles multiples
1 induire une série de déséquilibres conceptuels pertinents

Ainsi, il est utile également de lui procurer des situations où l'apprenant pourra mobiliser son nouveau savoir pour en tester l'opérationnalité et les limites. Au-delà de cet apport direct, elles montrent à l'élève que des nouvelles données sont plus facilement apprises lorsqu'elles sont intégrées dans des structures d'accueil. Elles habituent l'élève à greffer le nouveau sur l'ancien, elles l'entraînent à ce va-et-vient entre ce qu'il connaît et ce qu'il est en train de s'approprier. L'élève apprend ainsi à mobiliser les savoirs antérieurs nécessaires et peut même dans certains cas imaginer certaines modalités de guidage qui lui sont personnelles et vont lui permettre d'effectuer cette mise en relation. Au-delà des exercices qui lui sont proposés, l'élève peut alors inventer des procédés pertinents, de par la connaissance générale qu'il a acquise de l'efficacité de l'intégration dans des structures d'accueil.

Ensuite, il est important que ces apprentissages, vu leur durée, fassent l'objet d'une **intégration verticale sur quelques concepts organisateurs**, point que nous ne développerons pas ici car il fait l'objet d'une réflexion propre qui doit nécessairement dépasser la didactique.

Enfin, il est souhaitable **que l'apprenant puisse "réfléchir sur" ses pratiques conceptuelles** pour percevoir la portée, l'intérêt du savoir manipulé ou encore pour prendre conscience de la "logique" sous-jacente aux démarches mises en jeu. De nombreuses difficultés constatées montrent que parfois l'obstacle en jeu n'est pas directement lié au savoir lui-même mais résulte indirectement de l'image ou de l'épistémologie intuitive qu'il possède sur la démarche expérimentale ou sur les mécanismes de production du savoir.

Sur tous ces points avancés, il se dégage nettement que le rôle de l'enseignant est primordial et irremplaçable, la somme des apports, leurs interactions, leurs progressivités dans la mise en oeuvre ne peut faire l'objet de programme pré-établi. Toutefois son emploi est second: il est l'organisateur des conditions de l'apprentissage.

C'est l'apprenant qui élabore, intègre... bref apprend, et cela à partir de ses structures de pensée propres. C'est lui-même qui, pour une raison ou une autre, doit se trouver en situation de changer ses conceptions. L'enseignant ne peut ni "fournir" les conceptions adéquates, ni agir sur les représentations (par exemple à travers un discours), s'il n'amène pas l'élève à prendre conscience par lui-même de la nécessité d'opérer ces révisions.

Bibliographie sommaire

D.P. AUSUBEL *and al.*, *Educational psychology, a cognitive view*, Holt, Rinehart and Winston, 1968

G. BACHELARD, *Le nouvel esprit scientifique*, PUF, 1934

G. BACHELARD, *La formation de l'esprit scientifique*, Vrin, 1938

G. BACHELARD, *La philosophie du non*, PUF, 1940

G. BACHELARD, *Le rationalisme appliqué*, PUF, 1949

G. CANGUILHEM, *La connaissance de la vie*, Vrin, 1965

G. CANGUILHEM, *Idéologie et rationnalité*, Vrin, 1977

G. DELACOTE, A. TIBERGHIEN (Éd.), Recherches en didactique de la physique, *Les Actes du premier atelier international*, La Londe Éditions du CNRS, 1984

G. DE VECCHI, A. GIORDAN, *L'enseignement scientifique: comment faire pour que "ça marche"?* Z'Editions, 1989

R. DRIVER, G. ERIKSON, Theories in action: some theorical and empirical issues in the study of students conceptual frameworks in science, *Studies in science education*, 10, 1983

R. DRIVER, A. GUESNE, A. TIBERGHIEN, (Éd.), *Children's ideas in science*, Open University Press, 1985

C. FREINET, *Le tâtonnement expérimental*, Éd. Ecole moderne, 1965

R.M. GAGNE, *The condition of learning*, Holt, Rhinehart and Wiston, 1965

A. GIORDAN *et al.*, *Une pédagogie pour les sciences expérimentales*, Centurion, 1978

A. GIORDAN *et al.*, *L'élève et/ou les connaissances scientifiques*, P. Lang, 1983

A. GIORDAN et G. De VECCHI, *Les origines du savoir*, Delachaux, 1987

A. GIORDAN (sous la direction), *Histoire de la Biologie*, (2 tomes), Lavoisier, Paris, 1986

A. GIORDAN, J.L. MARTINAND (Éd.), *Actes des 2 èmes Journées Internationales sur l'Education Scientifique*, 1980

A. GIORDAN, J.L. MARTINAND (Éd.), *Actes des 5 èmes Journées Internationales sur l'Education Scientifique*, 1983

J.K. GILBERT, B.M. WATTS, Concepts, Misconceptions and Alternatives conceptions, *Studies in Science Education*, 10, 1983

J.G. HOLLAND, B.F. SKINNER, *The analysis of behavior*, Mc Graw Hill, 1961

J.L. MARTINAND, *Connaître et transformer la matière*, P. Lang, Berne, 1986

J.D. NOVAK (Ed.), *Proceedings of the international seminar "Misconceptions in science and mathematics"*, Cornell University, Ithaca (New-York), 1983

J.D. NOVAK (Ed.), *Proceedings of the second international seminar "Misconceptions in science and mathematics"*, Cornell University, Ithaca (New-York), 1987

PÄDAGOGISCHE HOCHSCHULE, *Students representation of physic and chemistry knowledge*, Ludwigsburg, 1981

G. RUMELHARD, *La génétique et ses représentations dans l'enseignement*, Peter Lang, 1986

B.F. SKINNER, *The technology of teaching*, Appleton Century Crofts, 1968

L. VEZIN, *Communication des connaissance et activité de l'élève*, PUV, 1987

A. TIBERGHIEN, G. DELACOTE, Manipulations et représentations des circuits électriques in *RFP*, 34, 1976

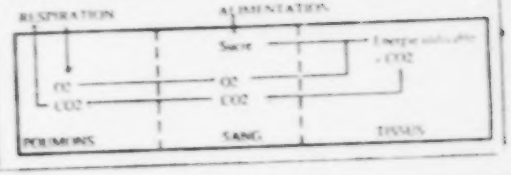
VINH BANG, Introduction, in A GIORDAN, A HENRIQUEZ et VINH BANG, *Psychologie génétique et didactique des sciences*, Peter Lang, 1989

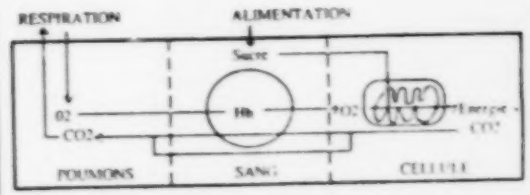
ainsi que MULTIDIC (Micro-Banque de données BIODIC, LDES 1988)
Références IPN Kiel (Pfundt, Duit, 2 ème édition, 1988).

Annexe

Exemple de cheminement didactique à propos du champ conceptuel de respiration
(montage à partir de G. DE VECCHI et A. GIORDAN, L enseignement scientifique. comment faire pour cela marche ? ZEditions, 1989)

CE QUE DISENT LES ELEVES	DEFINITION DES CONCEPTIONS OBSTACLES	PROPOSITIONS DIDACTIQUES
Sur le plan méthodologique - Respirer, ça veut à vrote" Ça montre qu'on vit Tous les animaux respirent	Chez l'enfant très jeune (4 ans) la respiration est déjà intimement associée à la vie. Il s'agit d'un modèle très puissant que cible ses progrès ultérieurs en empêchant toute questionnement. Les élèves, étant capables d'associer les deux idées, sont l'impression de "connaître" et cela va paralyser tout au long de leur scolarité	Ce concept peut être abordé à un premier niveau de formation, avec des élèves très jeunes. Le plus important est alors non pas de faire passer le "message scientifique" mais d'amener l'enfant à prendre conscience de la présence et du fonctionnement de quelques modèles de leurs fonctions vitales (nutrition, respiration...). On peut également travailler sur les mécanismes respiratoires à l'occasion d'une séance d'éducation physique ou sportive (EPS). Il est souhaitable de ne pas aborder les échanges gazeux à différents niveaux trop tôt, car ils ne font pas sens pour les enfants et le montrent ("L'air que rentre et qui sort ne peut pas faire "marcher" aussi des plantes, des animaux, ça fabrique à quelque chose dans leur corps"). A travers ces activités, l'important est d'amener les enfants à s'interroger, à problématiser leur savoir et à faire évoluer leur questionnement. A quoi ça sert de respirer ? "Ça sert à faire rentrer l'air que rentre est pareil que celui qui sort."
Sur le plan conceptuel - Lieu Pour respirer, il faut des poumons L'air va dans les poumons et dans le cœur L'air fait battre le cœur	Seuls quelques enfants très jeunes, encouragent l'animateur du corps comme un ensemble indifférencié qu'ils appellent souvent "le ventre". Pour la plupart des élèves de tous les âges la respiration c'est essentiellement l'air dans des poumons situés du cœur (les dessins représentent très fréquemment des tuyaux entre cœur et poumons). Certains ont entendu parler du rôle de la peau, notamment à propos de la grenouille. Seul un petit nombre d'élèves envisage une relation avec le sang (8 à 14 ans) et encore plus rarement avec les gaz et les cellules.	A un premier niveau, il est tout à fait inutile d'introduire de vocabulaire spécifique (alvéoles, diaphragme, etc.). On peut proposer des activités allant jusqu'à la mise en évidence de la présence de l'air dans le corps (ex. : faire gonfler un ballon avec une préparation d'os, poumons, cœur, muscles). Il est alors possible d'observer la forme des poumons et des organes environnants, la présence ou l'absence de liquides entre eux, les différences de taille entre poumons droit et gauche, etc. Il est essentiel de ne pas se limiter à des observations anatomiques et de faire comprendre que les mouvements respiratoires sont des mouvements particuliers pour permettre l'entrée et la sortie de l'air. Les mouvements respiratoires sont liés aux mouvements des côtes, du diaphragme et du ventre, qui augmentent et diminuent le volume de la cage thoracique. Les activités pulmonaires sont généralement peu prises en compte par les élèves. Les poumons, de même, la source d'où provient le plus souvent inspiration. Des schémas montrant également de visualiser les divers mouvements.
Mécanisme Respirer c'est respirer respirer c'est aspirer	La respiration est perçue très tôt comme un phénomène global dans le cadre d'une relativité très mal perçue que associée vie et mouvement : le vivant c'est "ce qui bouge", "tant qu'il vit, on voit qu'il bouge, qu'il respire". L'air est le plus souvent actif : "il va dans le corps pour faire gonfler les poumons". Seule son entrée est envisagée dans un premier temps.	Déjà, à ce niveau, dans le but d'éviter de maintenir l'obstacle "respiration = poumons", on abordera cette fonction chez des animaux qui ne possèdent pas de poumons (insectes, vers de terre, etc.). Une analyse chez les plantes (mesure de la quantité de gaz carbonique consommée et rejetée) sera souhaitable ?). A un second niveau, plus tard dans la scolarité, on pourra revenir de façon approfondie sur les poumons et le mécanisme de la ventilation, par une modélisation analogique, qui sera développée ci-dessous.

	Par la suite, le phénomène de la respiration comporte en plus une entrée d'air ; mais respirer c'est seulement faire entrer et sortir cet air des poumons. Les poumons sont souvent considérés comme deux sacs reliés à l'extérieur par un tuyau. Si le cœur intervient, il est en rapport direct avec un ou les deux poumons. Quelquefois enfin, l'air entre (ou sort) des poumons par un mécanisme qui s'apparente à un soufflet.	La différence entre l'air qui entre et celui qui sort peut être mise en évidence. L'air entre plus froid, il contient de la vapeur d'eau (test : sur une feuille de verre, ou sur un miroir, on souffle, dessus)
Note [illegible] nous aide à vivre. Il [illegible] l'air souffle les poumons. Ce sont [illegible] le cœur et l'air [illegible] le sang. Il apporte des vitamines. Il nourrit le sang. L'air purifie le sang. Le sang sale [illegible] dans les poumons et devient propre. [illegible] apporte les vitamines aux [illegible]. Le poumon sert à donner le cœur [illegible] et à le faire battre. L'oxygène fait circuler le sang. La [illegible] c'est de l'air sale.	Chez les enfants aux petits. L'air est considéré comme un élément actif : il est donné pour un rôle sur les poumons ou le cœur ou les deux. Souvent "donne" ou "souffle" ou "bat[illegible]". Il peut avoir pénétré au sang de circuler, soit par une action directe, soit par l'intermédiaire du cœur. Par la suite, la respiration est conservée comme "apportant quelque chose", d'où l'intérêt donné que l'on accorde à l'expiration. Ce quelque chose est encore mal maîtrisé : il est appelé "souffle de vie", comme chez les anciens, ou "vitamines", "calories" ... ce que l'air pur est donné mais reconnu au moins. Ces termes indiquent surtout qu'il s'agit de fonctions importantes. L'air sale est souvent de conserver le corps ou le sang dans un "bon état de marche". Plus tard encore, apparaît fréquemment l'idée de purification, d'abord confuse, puis associée à celle d'apport.	Le passage de l'air dans le sang et la manière dont celui-ci peut transporter [illegible] constituent deux obstacles importants. La dissociation d'un gaz dans un liquide demande une approche expérimentale multiple, par exemple : - mettre de l'eau minérale gazeuse (par ex. de Vichy) à température ambiante ; - faire chauffer. Il en est de même pour l'air qui traverse la paroi pulmonaire : son seul passage ne suffit pas à [illegible] le fait que le passage puisse en [illegible]. Sur chacun de ces points, il est important que des groupes de travail [illegible] des recherches expérimentales et documentaires. Le rôle de l'enseignant sera d'abord à aider chacun en fonction de [illegible] son centre d'intérêt. Dans un second temps, il pourra faire [illegible] des informations, à la confronter qu'elles peuvent se [illegible] les représentations des élèves. Si l'air vient entrer de nouvelles [illegible] que [illegible] pédagogiques [illegible], il est utile 1. de continuer à montrer que la respiration n'est pas [illegible] 2. de faire disparaître l'idée que ce que l'on apporte par la respiration est "magique" 3. d'aller au delà d'une simple purification pour [illegible] comme [illegible] et par [illegible] ne fait que [illegible] Un modèle de type "boîte noire", bien qu'il n'apporte pas [illegible] peut faciliter l'apprentissage 

Les poumons rejettent des impuretés, le gaz carbonique ; ils deviennent propres.	L'évolution du modèle explicatif se pour sait le plus souvent dans le sens d'un renforcement de ces deux dernières idées et la connaissance de l'existence et du rôle du l'oxygène et du dioxyde de carbone (gaz carbonique) vont être intégrés à ce modèle. L'oxygène correspond à l'élément clé possédant toutes les vertus, toutes les potentialités. Le gaz carbonique, au contraire, a une valeur totalement négative ; il correspond à "l'air sale", au "impuretés" et ce ne peut être qu'un "poison". Il se crée ainsi une sorte de dua infernal. Mais oxygène et gaz carbonique n'ont pas valeur d'élément chimique.	Le concept d'Energie est toutefois délicat à introduire. A un premier niveau il peut être approché par l'utilisation d'un modèle analogique : le corps fonctionne comme une voiture ; il a besoin d'énergie pour ces différentes activités ; cette énergie est fournie par des sources (non exclusif) que sont brûlés lentement en présence d'oxygène. Du dioxyde de carbone se forme, c'est un déchet : il est rejeté par la machine après quelques temps, comme les gaz expulsés par le tuyau d'échappement. Notions qu'il serait important que un travail interdisciplinaire avec la physique puisse à ce moment, être mis en place. Ce modèle sera enrichi par la suite lorsque seront connus : la composition de l'air la composition du sang et le rôle des globules rouges et de l'hémoglobine l'existence et le rôle des muscles/moteurs dans la cellule On pourra y superposer un nouveau modèle complémentaire, et cela aura l'avantage de permettre aux apprenants de situer les mécanismes particuliers par rapport au phénomène global (ce que les élèves du secondaire ont actuellement beaucoup de mal à faire) :
- "Les poumons gardent l'oxygène et se débarrassent du gaz carbonique".	D'où l'idée de ce réalisé par les poumons.	2 ème Schéma  Ce modèle pourra encore être complété au niveau intracellulaire en y intégrant le cycle de Krebs, les transports d'électrons, le rôle de l'ATP.

Des exemplaires du présent document sont en vente à l'adresse suivante:

Centre Interdisciplinaire de Recherches sur
l'Apprentissage et le Développement en Education
Université du Québec à Montréal
C.P. 8888, Succ. A, G-3125
Montréal, Québec
H3C 3P8

Pour commander, remplir le formulaire de réquisition apparaissant à la dernière page du document.

Publié par le Centre Interdisciplinaire de Recherches sur l'Apprentissage et le Développement en Education
Université du Québec à Montréal
Conception graphique: Francette Prévost